



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 48 673 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 23 D 14/62**  
F 23 R 3/34

②1 Aktenzeichen: 199 48 673.5  
②2 Anmeldetag: 8. 10. 1999  
④3 Offenlegungstag: 12. 4. 2001

DE 199 48 673 A 1

⑦1 Anmelder:  
Asea Brown Boveri AG, Baden, Aargau, CH  
  
⑦4 Vertreter:  
Zimmermann & Partner, 80331 München

⑦2 Erfinder:  
Polifke, Wolfgang, Windisch, CH; Ni, Alexander,  
Baden, CH; Joos, Franz, 79809 Weilheim, DE  
  
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

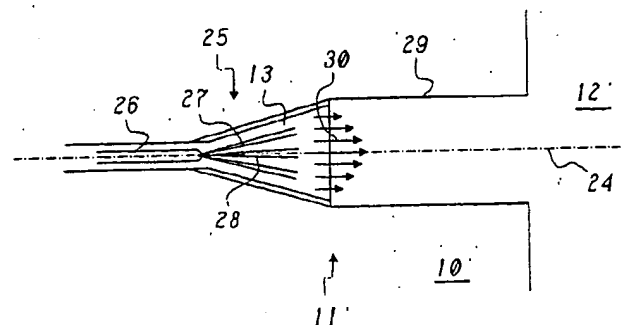
DE	44 11 623 A1
DE	43 26 802 A1
US	55 93 302 A
US	55 58 515 A
US	50 60 867 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Verfahren zum Erzeugen von heißen Gasen in einer Verbrennungseinrichtung sowie Verbrennungseinrichtung zur Durchführung des Verfahrens

⑤7 Bei einem Verfahren zum Erzeugen von heißen Gasen in einer Verbrennungseinrichtung (10'), insbesondere für den Antrieb von Gasturbinen, wird in einer Vormischzone (11') ein Brennstoff oder ein brennstoffhaltiges Medium in eine entlang einer Achse (24) strömende Gasströmung (13) eingedüst und mit der Gasströmung (13) vermischt, und das Gemisch stromabwärts in einer Brennkammer (12') gezündet und verbrannt.

Bei einem solchen Verfahren werden zur Vermeidung von thermoakustischen Verbrennungsinstabilitäten in der Gasströmung (13) Bereiche mit unterschiedlicher mittlerer Strömungsgeschwindigkeit erzeugt, und der Brennstoff bzw. das brennstoffhaltige Medium wird in diese Bereiche eingedüst.



DE 199 48 673 A 1

## TECHNISCHES GEBIET

- 5 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Verbrennungstechnik. Sie betrifft ein Verfahren zum Erzeugen von heißen Gasen in einer Verbrennungseinrichtung, insbesondere für den Antrieb von Gasturbinen, bei welchem Verfahren in einer Vormischzone ein Brennstoff oder ein brennstoffhaltiges Medium in eine entlang einer Achse strömende Gasströmung eingedüst und mit der Gasströmung vermischt wird, und dass Gemisch stromabwärts in einer Brennkammer gezündet und verbrannt wird.
- 10 Ein solches Verfahren ist z. B. aus der US-A-5,593,302 bei einem sekundären Brenner einer Gasturbine, oder aus der US-A-4,932,861 bei einem sogenannten Doppelkegelbrenner, bekannt.

## STAND DER TECHNIK

- 15 Thermoakustische Verbrennungsinstabilitäten können einen sicheren und verlässlichen Betrieb moderner Gasturbinen mit Vormischung ernsthaft behindern. Einer der für diese Instabilitäten verantwortlichen Mechanismen basiert auf einer Rückkopplungsschleife, welche die Druck- und Geschwindigkeitsschwankungen bei der Brennstoffeinspritzung, die durch Strömung transportierten (konvektiven) Brennstoffinhomogenitäten und die Wärmefreisetzungsrate einbezieht.
- Ein fundamentales Stabilitätskriterium für das Auftreten von thermoakustischen Verbrennungsinstabilitäten ist das
- 20 Rayleigh-Kriterium, das wie folgt formuliert werden kann:  
Sobald eine Flamme in einem akustischen Resonator eingeschlossen ist, können thermoakustische selbsterregte Schwingungen auftreten, wenn gilt

25 (1) 
$$\int_0^T Q' p' dt > 0$$

- Hierbei ist  $Q'$  die augenblickliche Abweichung der integralen Wärmefreisetzungsrate von ihrem mittleren (stationären) Wert,  $p'$  bezeichnet die Druckschwankungen, und  $T$  bezeichnet die Periodendauer der Schwingungen ( $1/T = f$  ist die Frequenz der Schwingungen). Bei der Formel (1) ist angenommen, die räumliche Ausdehnung der Wärmefreisetzungszone hinreichend klein ist, um mit integralen Werten von  $Q'$  und  $p'$  zu arbeiten. Eine Erweiterung auf die allgemeinere Situation mit einer verteilten Wärmefreisetzungsrate  $Q'(x)$  und einer kleinen akustischen Wellenlänge ergibt sich unmittelbar und führt zu einem sogenannten Rayleigh-Index. Das Rayleigh-Kriterium (1) besagt, dass eine Instabilität nur auftreten kann, wenn Schwankungen der Wärmefreisetzungsrate und des Druckes wenigstens bis zu einem gewissen Grade miteinander in Phase sind.

- 35 In einer Verbrennungseinrichtung mit Vormischung hängt die augenblickliche Wärmefreisetzungsrate unter anderem von der augenblicklichen Brennstoffkonzentration in der vorgemischten Brennstoff-Luft-Mischung ab, welche in die Verbrennungszone eintritt. Die Brennstoffkonzentration ihrerseits kann durch (akustische) Druck- und Geschwindigkeitsschwankungen in der Nähe der Brennstoffeinspritzvorrichtung beeinflusst werden, vorausgesetzt, dass die Luftzuführung und die Brennstoffeinspritzvorrichtung nicht akustisch steif sind. Diese letztgenannte Bedingung ist üblicherweise erfüllt, d. h., der Druckabfall der Luftströmung entlang der Brennstoffeinspritzregion des Brenners ist üblicherweise ziemlich gering, und selbst der Druckabfall entlang der Brennstoffeinspritzvorrichtung ist im allgemeinen nicht gross genug, um die Brennstoffzuführung von der Akustik in der Verbrennungseinrichtung abzukoppeln. Die Beziehung zwischen der Akustik an der Brennstoffeinspritzvorrichtung und der Wärmefreisetzungsrate in der Strömung kann mit der
- 45 einfachsten Ausdrücken wie folgt formuliert werden:

(2) 
$$\frac{Q'(t)}{Q} = - \frac{u'(x_1, t - \tau)}{u(x_1)} - \frac{1}{2} \frac{p'(x_1, t - \tau)}{\Delta p}$$

- 50 Hierbei bezeichnen  $x_1$  den Ort der Brennstoffeinspritzung und  $u(x)$  und  $u'(x)$  die Strömungsgeschwindigkeit bzw. deren momentane zeitliche Änderung, während  $\tau$  die Zeitverzögerung ist, die den Tatbestand ausdrückt, dass Brennstoffinhomogenitäten, die an der Brennstoffeinspritzvorrichtung entstehen, von der Flamme nicht sofort gespürt werden, sondern erst, nachdem sie von der mittleren Strömung vom Einspritzort zur Flammenfront transportiert worden sind. In einer selbstzündenden Verbrennungseinrichtung wird  $\tau$  durch die Kinetik der chemischen Reaktionen bestimmt, welche
- 55 den Ort der Flamme bestimmt. In einer herkömmlichen Verbrennungseinrichtung mit Vormischung dagegen wird die Flamme mit einem Flammenhalter ("flame holder") verankert, der unterschiedliche Ausgestaltungen ("bluffbody", "V-gutter", Rezirkulationszone oder dgl.) annehmen kann. Die Zeitverzögerung hängt in diesem Fall von der mittleren Strömungsgeschwindigkeit und dem Abstand zwischen Einspritzort und dem Flammenhalter ab. In jedem Fall kann die Zeitverzögerung näherungsweise beschrieben werden durch

60 (3) 
$$\tau = \int_0^I \frac{dx}{U(x)}$$

- 65 wobei  $I$  den Abstand zwischen dem Einspritzort und der Flammenfront bezeichnet, während  $U(x)$  die mittlere Strömungsgeschwindigkeit in der Vormischzone des Brenners ist, mit der die Brennstoffinhomogenitäten in der Strömung von der Einspritzvorrichtung zur Flamme transportiert werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Gleichung (2) den Umstand ausdrückt, dass ein augenblicklicher Zu-

wachs in der Geschwindigkeit der an der Brennstoffeinspritzvorrichtung vorbeiströmenden Luft (erster Term auf der rechten Seite der Gleichung) zu einer Verdünnung der Brennstoff-Luft-Mischung und einer entsprechenden Reduzierung der Wärmefreisetzung führt, während ein Druckzuwachs an der Brennstoffeinspritzvorrichtung (zweiter Term auf der rechten Seite der Gleichung) den augenblicklichen Brennstoffmassenfluss reduziert und damit ebenfalls die Wärmefreisetzungsrates herabsetzt. Es sei darauf hingewiesen, dass – selbst wenn die Brennstoffeinspritzvorrichtung akustisch "steif" ist (d. h.  $\Delta p \rightarrow \infty$ ) – Brennstoffinhomogenitäten an der Einspritzvorrichtung erzeugt werden können.

Was die thermoakustische Stabilität anbelangt, ermöglicht eine Zeitverzögerung wie sie in Gleichung (2) auftritt, im allgemeinen eine resonante Rückkopplung und eine Verstärkung von infinitesimalen Störungen. Natürlich hängen die exakten Bedingungen und Frequenzen, bei denen selbsterregte Schwingungen auftreten, auch von den mittleren Strömungsbedingungen ab, und zwar insbesondere den Strömungsgeschwindigkeiten und Temperaturen, sowie von der Akustik der Verbrennungseinrichtung, wie z. B. den Randbedingungen, Eigenfrequenzen, Dämpfungsmechanismen, etc.. Nichtsdestoweniger stellt die Beziehung zwischen den akustischen Eigenschaften und den Schwankungen in der Wärmefreisetzung, wie sie in Gleichung (2) beschrieben ist, eine ernstzunehmende Bedrohung der thermoakustischen Stabilität der Verbrennungseinrichtung dar. Es sollte daher ein Weg gefunden werden, um diesen Mechanismus von allem Anfang an zu unterdrücken.

Grundsätzlich ist es im Rahmen der o. g. Überlegungen denkbar, eine Unterdrückung von thermoakustischen Instabilitäten durch eine Verteilung von unterschiedlichen Zeitverzögerungen auf der Zeitachse herbeizuführen. Der eingespritzte Brennstoff wird dabei in zwei oder mehr einzelne Ströme oder "Parzellen" aufgeteilt, die alle im Bezug aufeinander unterschiedliche Zeitverzögerungen und entsprechend unterschiedliche Phasen aufweisen. Idealerweise hätte eine solche Aufteilung in verschiedene Brennstoffströme Schwankungen in der Wärmefreisetzung  $Q_i$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) zur Folge, so dass

$$(4) \quad \sum_i \int_0^T Q_i(t) dt = 0$$

gelten würde. Dadurch wäre sichergestellt, dass das Rayleigh-Kriterium (1) nicht erfüllt werden kann. In der Praxis ist eine solch exakte Auslöschung weder möglich noch notwendig; es reicht aus, die Stärke der resonanten Rückkopplung soweit herabzusetzen, dass die dissipativen Effekte innerhalb des Systems stärker sind als die Verstärkungsmechanismen.

In der Vergangenheit ist nun bereits vorgeschlagen worden (DE 198 09 364 A1) innerhalb eines Brenners oder in mehreren parallel in eine Brennkammer arbeitenden Brennern Brennstoff axial abgestuft in unterschiedlichen axialen Abständen zum Ort der Wärmefreisetzung einzuspritzen, um den Brennstoff von der Verbrennung zu entkoppeln und die dynamische Druckamplitude der Verbrennungsflamme zu verkleinern. Ein solche Lösung hat jedoch den Nachteil, dass die Brennstoffeinspritzung aufgrund der axialen Abstufung apparativ vergleichsweise aufwendig gestaltet ist: Wird nämlich innerhalb eines Brenners axial abgestuft eingespritzt, ist eine Mehrzahl von hintereinander angeordneten separaten Einspritzöffnungen notwendig. Werden dagegen mehrere parallele Brenner mit unterschiedlichen axialen Einspritzorten eingesetzt, müssen die Brenner aufgrund ihrer unterschiedlichen Konfiguration einzeln angefertigt werden, was die Herstellung und Lagerhaltung erheblich verteuert.

## DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Erzeugung von heissen Gasen in einer Verbrennungseinrichtung zu schaffen, welches zur Vermeidung von thermoakustischen Instabilitäten die eingangs beschriebene Verteilung der Verzögerungszeiten bei der Brennstoffeinspritzung einsetzt, ohne dass die Einspritzung selbst einen zusätzlichen apparativen Aufwand erfordert, sowie eine Verbrennungseinrichtung zur Durchführung des Verfahrens anzugeben.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 4 gelöst. Der Kern der Erfindung besteht darin, eine Verteilung der Verzögerungszeiten für die Wärmefreisetzung nicht durch unterschiedliche axiale Abstände zwischen den Einspritzorten und der Flammenfront herbeizuführen, sondern dadurch, dass in eine erzeugte (oder vorhandene) Verteilung von unterschiedlichen mittleren Strömungsgeschwindigkeiten der Brennstoff so eingedüst wird, dass er unterschiedlich schnell mit der Strömung zum Ort der Wärmefreisetzung transportiert wird. Der besondere Vorteil dieser Lösung liegt darin, dass am Ort der Brennstoffeinspritzung gegenüber herkömmlichen Verfahren bzw. Anlagen nur wenige Änderungen vorgenommen werden müssen, um eine solche Verteilung zu erzeugen.

Eine bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens nach der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass zur lokalen Herabsetzung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit einzelne axiale Wirbel in der Gasströmung erzeugt werden, und dass der Brennstoff bzw. das brennstoffhaltige Medium in die Wirbel und ausserhalb der Wirbel liegende Bereiche eingedüst wird. In den Wirbeln ist die (axiale) mittlere Strömungsgeschwindigkeit gegenüber den Bereichen ausserhalb der Wirbel herabgesetzt, so dass sich auf einfache Weise die gewünschte Verteilung der Verzögerungszeiten erreichen lässt. Insbesondere gilt dies für Vormischbrenner mit bereits eingebauten Wirbelerzeugungselementen, wo derartige axiale Wirbel bereits vorhanden sind und lediglich die Brennstoffeinspritzung entsprechend angepasst werden muss.

Eine andere bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens, das sich vorzugsweise bei den bekannten Doppelkegelbrennern der Anmelderin (siehe z. B. die US-A-4,932,861) durchführen lässt, zeichnet sich dadurch aus, dass in der Gasströmung eine axialsymmetrische Verteilung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit erzeugt wird, und dass der Brennstoff bzw. das brennstoffhaltige Medium sowohl in einen achsennahen, zentralen Bereich der Gasströmung als auch ausserhalb dieses Zentralbereiches eingedüst wird.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Verbrennungseinrichtung nach der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten Mittel Wirbelerzeugungselemente umfassen, welche lokale axiale Wirbel mit reduzierter mittlerer Strömungsgeschwindigkeit erzeugen, und dass die ersten Mittel so ausgebildet sind, dass der Brennstoff bzw. das brennstoff-

haltige Medium in die axialen Wirbel und in Bereiche ausserhalb der axialen Wirbel eingedüst wird. Die Wirbelerzeugungselemente können dabei insbesondere als tetraederförmige Keile ausgebildet und symmetrisch um die Achse herum angeordnet sein, und die ersten Mittel können eine hinter den Wirbelerzeugungselementen in der Gasströmung angeordnete Brennstofflanze umfassen.

- 5 Eine andere bevorzugte Ausführungsform der Verbrennungseinrichtung nach der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten Mittel einen wirbelstabilisierten Vormischbrenner, insbesondere in Form eines Doppelkegelbrenners, umfassen, welcher eine Verteilung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit aufweist, die im achsennahen Zentrum ein Maximum hat und radial nach aussen hin abfällt, und dass die zweiten Mittel so ausgebildet sind, dass der Brennstoff bzw. das brennstoffhaltige Medium sowohl in einen achsennahen, zentralen Bereich der Gasströmung als auch ausserhalb dieses Zentralbereiches eingedüst wird.

10 Weitere Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

#### KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

- 15 Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1 eine an sich bekannte Verbrennungseinrichtung mit Vormischung und keilförmigen Wirbelerzeugungselementen, wie sie zur Verwirklichung der Erfindung eingesetzt werden kann;

- 20 Fig. 2 die Einspritzung des Brennstoffes in der Verbrennungseinrichtung nach Fig. 1 gemäss dem Stand der Technik in der Ansicht in Achsenrichtung und entgegen der Strömungsrichtung;

Fig. 3 die zu Fig. 2 vergleichbare Einspritzung gemäss einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

Fig. 4 die Einspritzung bei einem an sich bekannten Doppelkegelbrenner, bei dem gemäss einem anderen bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung die vorhandene axialsymmetrische Verteilung der mittleren Strömungsgeschwindigkeiten ausgenutzt wird.

25

#### WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

- In Fig. 1 ist im vereinfachten Längsschnitt eine Verbrennungseinrichtung 10 wiedergegeben, die aus dem Stand der Technik bekannt ist, und von der Anmelderin beispielsweise als Sekundärbrenner (SEV-Brenner) in Gasturbinenanlagen eingesetzt wird (siehe z. B. die US-A-5,593,302). In der Verbrennungseinrichtung 10 wird in einer Vormischzone 11 entlang der Achse 24 eine (in Fig. 1 von links kommende und durch Pfeile gekennzeichnete) Gasströmung 13, die üblicherweise Verbrennungsluft enthält, durch vor dem Ort der Brennstoffeinspritzung angeordnete Wirbelerzeugungselemente ("vortex generators") 14 verwirbelt. Die Wirbelerzeugungselemente 14 haben beispielsweise eine tetraedische Keilform, wie sie in verschiedenen Druckschriften (z. B. US-A-5,423,608 oder US-A-5,513,982 oder US-A-5,558,515) in Aufbau und Funktion beschrieben worden sind. In die verwirbelte Gasströmung (Luftströmung) 13 wird durch eine hinter den Wirbelerzeugungselementen 14 angeordnete Brennstofflanze 15 mit entsprechenden Einspritzöffnungen 16 der Brennstoff in Form von Brennstoffstrahlen 17 eingedüst. Die Brennstoffstrahlen 17 sind dabei häufig in radialer Richtung orientiert, können aber auch eine andere Orientierung aufweisen. Der eingedüste Brennstoff vermischt sich dann mit der verwirbelten Gasströmung 13 und die Mischung tritt dann aus der Vormischzone 11 in eine nachfolgende Brennkammer 12 ein, wo sie (üblicherweise durch Selbstzündung) in Form einer Flamme verbrennt.

- Je nach Art der Wirbelerzeugungselemente 14 werden in der Gasströmung 13 unterschiedliche Wirbel erzeugt. Sind die Wirbelerzeugungselemente 14 – wie in Fig. 1 gezeigt – als tetraedische Keile ausgebildet, erzeugt jedes Element 14 zwei gegenläufige achsenparallele Wirbel, von denen ein Paar in Fig. 2 mit den Bezugszeichen 18 und 19 versehen ist. Da die Elemente 14 mit Rotationssymmetrie um die Achse 24 herum angeordnet sind, ist die Wirbelstruktur mit den Wirbeln 18, 19 ebenfalls weitgehend rotationssymmetrisch. Sind in der Brennstofflanze 15 die Einspritzöffnungen 16 mit einer vergleichbaren Symmetrie angeordnet, sind die Brennstoffstrahlen 17 auf sich in der Symmetrie entsprechende Bereiche der Wirbelstruktur gerichtet, so dass sich insgesamt eine sehr gleichmässige Vermischung ergibt. Obgleich in der Wirbelstruktur aufgrund der axialen Wirbel in axialer Richtung sehr unterschiedliche mittlere Strömungsgeschwindigkeiten herrschen – innerhalb der Wirbel 18, 19 ist die Strömungsgeschwindigkeit deutlich geringer als ausserhalb – kommt der eingespritzte Brennstoff aus allen Brennstoffstrahlen 17 in etwa mit derselben Zeitverzögerung an der Flammenfront in der Brennkammer 12 an.

- Um hier im Sinne der Erfindung zur Verhinderung von thermoakustischen Instabilitäten nun eine Verteilung dieser Verzögerungszeiten herbeizuführen, wird die unterschiedliche Verteilung der mittleren Strömungsgeschwindigkeiten in der Wirbelstruktur ausgenutzt: Gemäss Fig. 3 werden dazu die Brennstoffstrahlen 20, ..., 23 aus der Brennstofflanze 15 so ausgerichtet, dass z. B. ein Teil von ihnen (Brennstoffstrahlen 20, 22) ins Zentrum der Wirbel 18, 19 gerichtet ist, während ein anderer Teil (Brennstoffstrahlen 21, 23) in Bereiche zwischen den Wirbeln zielt. Da innerhalb der Wirbel 18, 19 (insbesondere zum Wirbelzentrum hin) die (axiale) Strömungsgeschwindigkeit herabgesetzt ist, gelangt der mit den Brennstoffstrahlen 20, 22 eingedüste Brennstoff später in die Brennkammer 12 als der mit den Brennstoffstrahlen 21 und 23 eingedüste. Durch eine geeignete Orientierung der Brennstoffstrahlen 20, ..., 23 relativ zur Wirbelstruktur der Gasströmung 13 lässt sich so eine geeignete Verteilung der Verzögerungszeiten in der Wärmefreisetzung erreichen, die gemäss der eingangs gegebenen Erklärungen dann das Auftreten von thermoakustischen Verbrennungsinstabilitäten in der Brennkammer 12 verhindert oder zumindest behindert. Es versteht sich von selbst, dass im Rahmen der Erfindung Zahl und Orientierung der Brennstoffstrahlen in weiten Grenzen gewählt und eingestellt werden können.

- Die Ausnutzung einer Verteilung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit im Sinne der Erfindung lässt sich aber auch mit Vorteil bei den sogenannten Doppelkegelbrennern der Anmelderin verwirklichen, die z. B. in der in ihrer Struktur und Wirkungsweise in der US-A-4,932,861 beschrieben sind. Ein solcher Doppelkegelbrenner 25 ist zentraler Bestandteil der in Fig. 4 dargestellten Verbrennungseinrichtung 10'. Von aussen kommende Luft strömt durch den Doppelkegel bzw. die im Doppelkegel angeordneten Brennerschlitze in den Doppelkegelbrenner ein und bildet in der konischen Vor-

mischzone 11' eine Gasströmung 13 in Form eines Wirbels mit einer (axialsymmetrischen) Verteilung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit 30, die in Fig. 4 durch die Pfeile angedeutet ist. Innerhalb der Verteilung 30 ist die Strömungsgeschwindigkeit im Zentrum am grössten und nimmt radial nach aussen zu ab. Werden nun durch die zentrale Brennstofflanze 26 sowohl Brennstoffstrahlen 28 ins Zentrum der Verteilung 30 als auch Brennstoffstrahlen 27 in die Randbereiche der Verteilung 30 eingedüst, ergibt sich eine zu Fig. 3 vergleichbare Verteilung der Verzögerungszeiten, weil der ins Zentrum eingedüste Brennstoff (Brennstoffstrahl 28) nach der Vermischung mit der Gasströmung 13 und Durchlaufen des Mischrohres 29 früher in der Brennkammer 12' ankommt, als der in die Randbereiche eingedüste Brennstoff der Brennstoffstrahlen 27. Alternativ kann bei einem solchen Brenner aber auch Pilot- bzw. Premix-Brennstoff durch die zentrale Düse mit hohem axialen Impuls (Brennstoffstrahl 28) und gleichzeitig durch kleine Löcher entlang der Brennerschlitze eingedüst werden. Die Brennstoffstrahlen 27 können bei dieser alternativen Konfiguration entfallen.

Wie man an den beiden Beispielen der Fig. 3 und 4 erkennt, lässt sich durch die Erfindung eine vorhandene Verbrennungseinrichtung 10, 10' sehr leicht auf einen stabilisierten Betrieb umstellen, indem nur die Brennstoffeinspritzung geringfügig geändert wird. Es versteht sich dabei von selbst, dass dies auch bei anderen Brennertypen möglich ist, sofern eine Verteilung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit vorliegt oder mit einfachen Mitteln erzeugt werden kann.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

- 10, 10' Verbrennungseinrichtung
- 11, 11' Vormischzone
- 12, 12' Brennkammer
- 13 Gasströmung
- 14 Wirbelerzeugungselement (vortex generator)
- 15 Brennstofflanze
- 16 Einspritzöffnung
- 17 Brennstoffstrahl
- 18, 19 Wirbel
- 20, ..., 23 Brennstoffstrahl
- 24 Achse
- 25 Doppelkegelbrenner
- 26 Brennstofflanze
- 27, 28 Brennstoffstrahl
- 29 Mischrohr
- 30 Verteilung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen von heissen Gasen in einer Verbrennungseinrichtung (10, 10'), insbesondere für den Antrieb von Gasturbinen, bei welchem Verfahren in einer Vormischzone (11, 11') ein Brennstoff oder ein brennstoffhaltiges Medium in eine entlang einer Achse (24) strömende Gasströmung (13) eingedüst und mit der Gasströmung (13) vermischt wird, und das Gemisch stromabwärts in einer Brennkammer (12, 12') gezündet und verbrannt wird, dadurch gekennzeichnet, dass zur Vermeidung von thermoakustischen Verbrennungsinstabilitäten in der Gasströmung (13) Bereiche (18, 19) mit unterschiedlicher mittlerer Strömungsgeschwindigkeit erzeugt werden, und der Brennstoff bzw. das brennstoffhaltige Medium in diese Bereiche (18, 19) eingedüst wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur lokalen Herabsetzung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit einzelne axiale Wirbel (18, 19) in der Gasströmung (13) erzeugt werden, und dass der Brennstoff bzw. das brennstoffhaltige Medium in die Wirbel (18, 19) und in ausserhalb der Wirbel (18, 19) liegende Bereiche eingedüst wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der Gasströmung (13) eine axialsymmetrische Verteilung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit (30) erzeugt wird, und dass der Brennstoff bzw. das brennstoffhaltige Medium sowohl in einen achsennahen, zentralen Bereich der Gasströmung (13) als auch ausserhalb dieses Zentralbereiches eingedüst wird.
4. Verbrennungseinrichtung (10, 10') zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, welche Verbrennungseinrichtung (10, 10') eine von einer Gasströmung (13) in axialer Richtung durchströmte Vormischzone (11, 11') sowie erste Mittel (15, 16; 26) zur Eindüsung des Brennstoffes bzw. des brennstoffhaltigen Mediums in die Gasströmung (13) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass in der Vormischzone (11, 11') zweite Mittel (14, 25) vorhanden sind, um in der Gasströmung (13) Bereiche (18, 19) unterschiedlicher mittlerer Strömungsgeschwindigkeit zu erzeugen, und dass die ersten Mittel (15, 16; 26) so ausgebildet sind, dass der Brennstoff bzw. das brennstoffhaltige Medium in die Bereiche unterschiedlicher mittlerer Strömungsgeschwindigkeit eingedüst werden.
5. Verbrennungseinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten Mittel Wirbelerzeugungselemente (14) umfassen, welche lokale axiale Wirbel (18, 19) mit reduzierter mittlerer Strömungsgeschwindigkeit erzeugen, und dass die ersten Mittel (15, 16) so ausgebildet sind, dass der Brennstoff bzw. das brennstoffhaltige Medium in die axialen Wirbel (18, 19) und in Bereiche ausserhalb der axialen Wirbel (18, 19) eingedüst wird.
6. Verbrennungseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Wirbelerzeugungselemente (14) als tetraederförmige Keile ausgebildet und symmetrisch um die Achse (24) herum angeordnet sind, und dass die ersten Mittel eine hinter den Wirbelerzeugungselementen (14) in der Gasströmung (13) angeordnete Brennstofflanze (15) umfassen.
7. Verbrennungseinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten Mittel einen wirbelstabilisierten Vormischbrenner, insbesondere in Form eines Doppelkegelbrenners (25), umfassen, welcher eine Vertei-

lung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit (30) aufweist, die im achsennahen Zentrum ein Maximum hat und radial nach aussen hin abfällt, und dass die zweiten Mittel (26) so ausgebildet sind, dass der Brennstoff bzw. das brennstoffhaltige Medium sowohl in einen achsennahen, zentralen Bereich der Gasströmung (13) als auch ausserhalb dieses Zentralbereiches eingedüst wird.

5

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

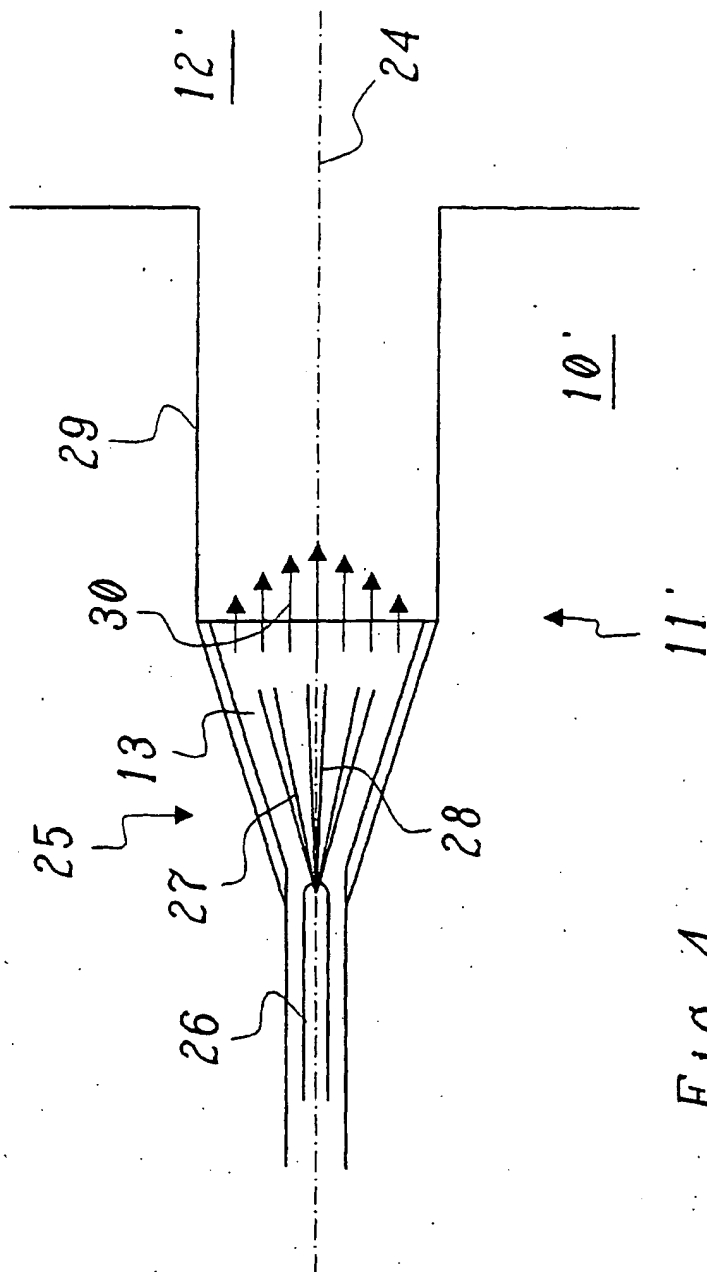


Fig. 4

